

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (US:10)**

097868597  
REC'D 23 FEB 2000

WIPO PCT

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)



DE 99/4017  
EU

## Bescheinigung

Die MTU MOTOREN- UND TURBINEN-UNION MÜNCHEN GMBH in München/Deutschland  
hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Verschleißschuttschicht"

am 22. Dezember 1998 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprüng-  
lichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig die Symbole  
C 23 C und C 22 C der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 26. Januar 2000

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

zeichen: 198 59 477.1

Wehner

## Verschleißschuttschicht

Die Erfindung betrifft eine Verschleißschuttschicht, die auf eine zu schützende Oberfläche eines mechanisch und/oder strömungsmechanisch beanspruchten Bauteils aufgebracht ist.

Durch Reibung mechanisch beanspruchte oder umströmte Bauteile unterliegen im allgemeinen abrasivem oder erosivem Verschleiß. Im Bereich der Verbrennungskraftmaschinen tritt dieser z.B. bei Kolbenmotoren an Ventilen, Kolben od.dgl. auf. Im Bereich der Gasturbinen sind die umströmten Bauteile darüber hinaus gegen Erosion und Korrosion zu schützen.

Das der Erfindung zugrundeliegende Problem besteht darin, eine Verschleißschuttschicht der eingangs beschriebenen Gattung zu schaffen, welche mechanisch, z.B. durch Reibung, oder fluidisch beaufschlagte Oberflächen von Bauteilen gegen Verschleiß schützt und deren Lebensdauer erhöht.

Die Lösung des Problems ist erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht im wesentlichen aus amorphen oder amorph und nanokristallinen Metallen besteht.

Der Vorteil solcher Verschleißschuttschichten besteht darin, daß ihre Legierungen anders als herkömmliche kristalline Metalle durch ihre amorphe bzw. glasartige Struktur keine Korngrenzen aufweisen und so einerseits eine hohe Festigkeit gegen abrasiven oder erosiven Verschleiß und andererseits ein hohes elastisches Rückstellvermögen besitzen.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung besteht die Schicht im wesentlichen aus einer Legierung auf Ni-W-Basis, wobei die Legierung Ni-reich sein kann und lediglich zwischen 20 und 40 Atom-% W enthalten kann. Zur Erzielung der amorphen oder amorph und nanokristallinen Metallstruktur kann die Legierung auf kostengünstige Weise galvanisch auf der Oberfläche des zu beschichtenden Bauteils abgeschieden werden.

In einer alternativen Ausgestaltung kann die Verschleißschuttschicht im wesentlichen aus einer Legierung auf Cu-Al-Ti (oder -Ta oder -Zr)- oder Pd-Cu-Si- oder Pt-Al-Si- oder Ta-Si-N-Basis bestehen, wobei die Schicht mittels PVD-Verfahren (Physical Vapour Deposition) auf die Oberfläche des Bauteils aufgebracht sein kann und insbesondere Ta-Si-N für Anwendungen bei höheren Temperaturen geeignet ist.

Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel der Verschleißschuttschicht besteht die Schicht im wesentlichen aus einer Legierung auf Zr-Ti-Basis, wobei die amorphe oder amorph und nanokristalline Metallstruktur durch Aufbringen der Legierung aus der Schmelze hergestellt ist.

Alternativ kann die Verschleißschuttschicht im wesentlichen aus einer Legierung auf Fe-Cr-B-Basis bestehen, wobei die Legierung bevorzugt eisenreich ist und etwa 70 Atom-% Fe enthält. Eine solche Verschleißschuttschicht kann z.B. durch thermische Spritzverfahren auf die Oberfläche des Bauteils aufgebracht sein.

Alternativ kann die Verschleißschuttschicht im wesentlichen aus einer Legierung aus Al, wenigstens einem Seltenerdmetall und einem Übergangsmetall wie z.B. Cu oder Ni oder Co bestehen.

Bevorzugt ist die Schicht am Fuß einer Schaufel einer Gasturbine zum Schutz gegen Fretting aufgebracht, da dort während des Betriebs der Gasturbine ein hoher Reibverschleiß unter hochfrequenter Wechselbeanspruchung mit kleinen Amplituden auftritt.

In einer anderen Ausgestaltung kann die Verschleißschuttschicht auf einem im wesentlichen aus faserverstärkten Kunststoff (FVK) bestehenden Bauteil aufgebracht sein, um dieses gegen Erosion zu schützen. Bei FVK-Schaufeln für Verdichter von Gasturbinen sind als Erosionsschutz z.B. metallische Folien, Filze, Drahtgeflechte oder Lacke bekannt, die im Hinblick auf die Fertigungskosten oder die geforderte Lebensdauer nachteilig und noch nicht anwendbar sind.

Bei einem alternativen Ausführungsbeispiel kann die Verschleißschuttschicht auf einem als Scheibe oder Ring ausgebildeten Rotorträger bzw. -kranz eines integral beschauften FVK-Rotors einer Gasturbine als Schutz gegen abrasiven und/oder erosiven Verschleiß aufgebracht sein.

5

Bei einer alternativen Anwendung ist die Verschleißschuttschicht auf ein Bauteil eines Hubkolbenmotor, wie z.B. ein Ventil, eine Nockenwelle, eine Kurbelwelle, einen Kolbenring oder einen Kolbenbolzen aufgebracht.

10 Weiter Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf eine Zeichnung näher erläutert. Es zeigt:

15 Fig. 1 eine schematische Darstellung der Struktur eines amorphen Metalls,

Fig. 2 eine schematische Darstellung auf die Struktur eines amorphen und nano- bzw. teilkristallinen Metalls,

20 Fig. 3 eine schematische und perspektivische Ansicht einer FVK-Schaukel mit einem Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Verschleißschuttschicht,

25 Fig. 4 eine schematische und perspektivische Ansicht einer metallischen Schaukel mit einem alternativen Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Verschleißschuttschicht und

30 Fig. 5 eine schematische und perspektivische Ansicht eines FVK-Rotors mit einem weiteren alternativen Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Verschleißschuttschicht.

Fig. 1 zeigt schematisch die Gefügestruktur eines amorphen Metalls, bei dem die Elemente nicht, wie z.B. bei Ti, in einer festen, kristallinen Struktur angeordnet sind,

sondern ohne regelmäßiges Kristallgitter ungeordnet vorliegen (Bereich 1). Die dadurch fehlenden Korngrenzen führen dazu, daß amorphe oder amorph und nanokristalline Metalle eine hohe Verschleißfestigkeit und Vickers-Härte aufweisen. Zudem tritt anders als bei den kristallinen Metallen bei einer Beanspruchung keine Ver-  
5 sprödung und Kaltverfestigung auf.

Fig. 2 zeigt schematisch die Struktur eines amorphen und nano- bzw. teilkristallinen Metalls, bei dem die Elemente zum einen ungeordnet in einer amorphen Struktur (Bereich 1) und zum anderen kleinere Bereiche in einer kristallinen Struktur vorlie-  
10 gen (Bereich 2). Auch solche amorph- und nano- bzw. teilkristallinen Metalle weisen eine hohe Festigkeit gegen abrasiven oder erosiven Verschleiß auf und besitzen eine hohe Vickers-Härte.

Fig. 3 zeigt eine schematische und perspektivische Ansicht einer im ganzen mit 3 bezeichneten Schaufel einer Gasturbine, bei der ein Schaufelblatt 4 aus faserverstärktem Kunststoff besteht und an einem metallischen, aus einer Ti-Basislegierung bestehenden Schaufelfuß 5 befestigt ist. Eine solche Schaufel 3 wird beispielsweise in einem Verdichter eingesetzt und mit ihrem Schaufelfuß 5 an einem Rotorkranz bzw. -träger lösbar oder auch mit einem geeigneten Schweißverfahren integral befe-  
15 stigt. Die Ausbildung des Schaufelblatts 4 aus faserverstärktem Kunststoff erweist sich im Hinblick auf die Gewichtsreduzierung als vorteilhaft. Nachteile bestehen jedoch in ihrem im allgemeinen unzureichenden Verschleißverhalten gegen Erosion. Aus diesem Grund wird das Schaufelblatt 4 aus faserverstärktem Kunststoff vollständig mit einer Verschleißschuttschicht 6 versehen, die im wesentlichen aus  
20 amorphen oder amorph- und nanokristallinen Metallen besteht.

Bei der vorliegenden Ausgestaltung wird eine im wesentlichen auf Ni-W-Basis bestehende Legierung ausgewählt, die Ni-reich ist und etwa 30 Atom-% W enthält. Zur Ausbildung der amorphen bzw. amorph- und nanokristallinen Struktur wird die Legie-  
30 rung durch galvanisches Abscheiden auf die Oberfläche des Schaufelblatts 4 aus kohlefaserverstärkten Kunststoff aufgebracht. Die mechanischen Eigenschaften sowie das Verschleißverhalten der Verschleißschuttschicht 6 läßt sich durch die Parameter Temperatur, Spannung sowie die Chemie des galvanischen Bads einstellen.

Insbesondere die Härte der Verschleißschuttschicht 6 läßt sich zudem durch eine abschließende Wärmebehandlung bei Temperaturen zwischen etwa 100 °C und 500 °C erhöhen. Alternativ können auch lediglich einzelne Abschnitte der Schaufel 3, wie die Eintrittskante oder die Schaufelspitze mit der Verschleißschuttschicht 6 versehen sein.

Fig. 4 zeigt eine metallische (Lauf-)Schaufel 7 eines Verdichters einer Gasturbine, die einen Schaufelfuß 8 mit einem Tannenbaumprofil 9 zur lösbaren Befestigung an einem Rotor aufweist. Die Schaufel ist aus Ti-Al pulvermetallurgisch hergestellt. Alternativ könnte die Verschleißschuttschicht 6 auch auf gegossene oder geschmiedete Schaufeln oder andere Bauteile einer Gasturbine aufgebracht werden. Während des Betriebs der Gasturbine tritt am Schaufelfuß 8 der Schaufel 7 häufig sog. Fretting auf. Zur Vermeidung des dadurch verursachten Verschleißes und mithin zur Erhöhung der Lebensdauer ist die Schaufel 7 an ihrem Schaufelfuß 8 und insbesondere im Bereich des Tannenbaumprofils 9 mit einer im wesentlichen aus amorphen oder amorph-nanokristallinen Metallen bestehenden Verschleißschuttschicht 6 geschützt. Die Verschleißschuttschicht 6 besteht im wesentlichen aus einer Legierung auf Pd-Cu-Si-Basis und ist durch ein PVD-Verfahren auf die gegen Fretting zu schützende Oberfläche des Schaufelfußes 8 aufgebracht. Eine solche Verschleißschuttschicht 6 zeichnet sich neben den guten mechanischen Eigenschaften insbesondere auch durch eine gute Oxidationsbeständigkeit aus. Für Anwendungen bei höheren Temperaturen kann die Verschleißschuttschicht 6 alternativ aus einer Legierung auf Ta-Si-N-Basis bestehen.

Im vorliegenden Anwendungsfall gemäß Fig. 4 ist alternativ auch eine aus amorphen oder amorph-nanokristallinen Metallen bestehende Verschleißschuttschicht 6 aus einer Legierung auf Fe-Cr-B-Basis geeignet, die eisenreich ist und etwa 70 Atom-% Fe enthält. Die gewünschte, wenigstens bereichsweise amorphe Struktur dieser Legierung läßt sich beim Aufbringen durch thermisches Spritzen einstellen.

Fig. 5 zeigt einen integral beschauften Rotor 10 einer Gasturbine, an dessen Umfangsfläche 11 mehrere, im allgemeinen äquidistant angeordnete und sich im wesentlichen in Radialrichtung erstreckende Schaufeln 12 integral befestigt sind. Ein

solcher Rotor 10 wird z.B. integral aus kohlefaserverstärktem Kunststoff hergestellt und weist ein schlechtes Verschleißverhalten auf. Zur Verbesserung des Widerstands gegen abrasiven und erosiven Verschleiß während des Betriebs wird der Rotor 10 mit einer Verschleißschuttschicht 6 aus einer Legierung auf Ni-W-Basis versehen, die

5 Ni-reich ist, etwa 35 Atom-% W enthält und zur Ausbildung der amorphen bzw. amorph-nanokristallinen Struktur durch galvanisches Abscheiden auf der Oberfläche des Rotors 10 hergestellt ist.

Fig. 1

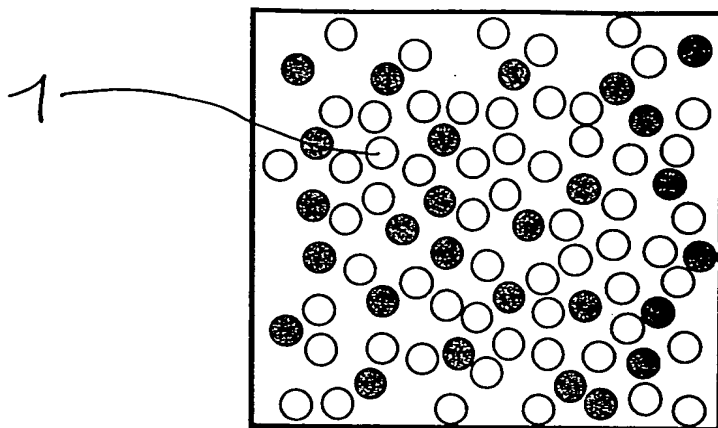


Fig. 2

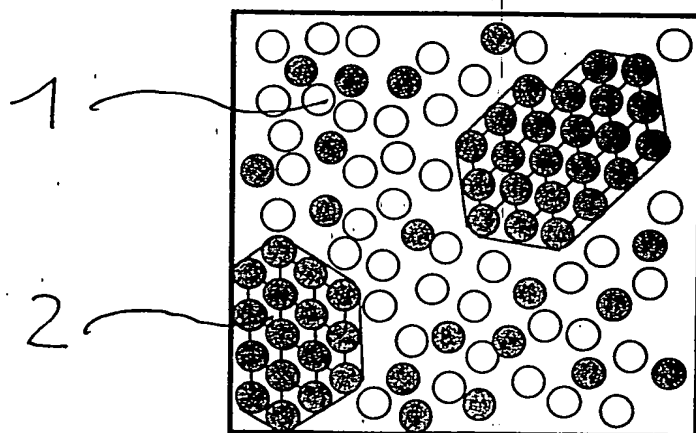
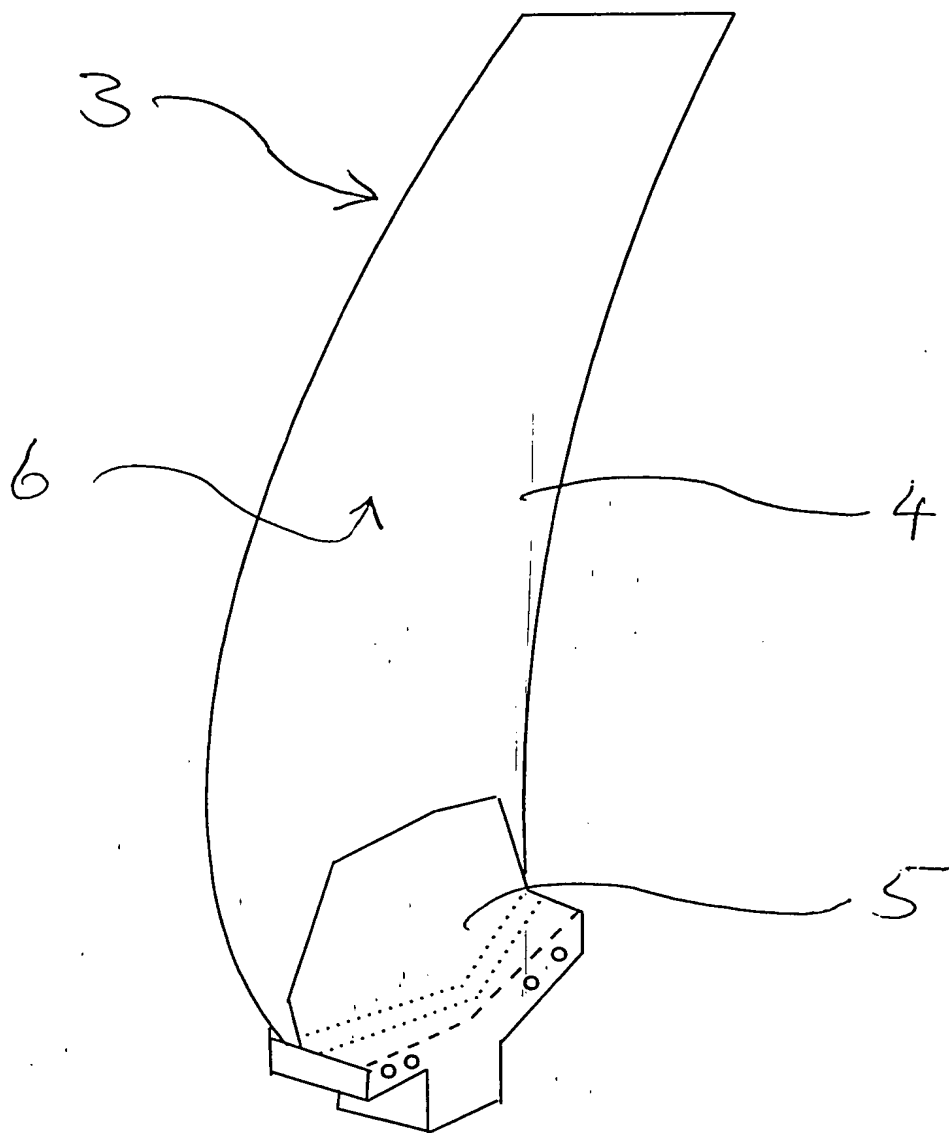
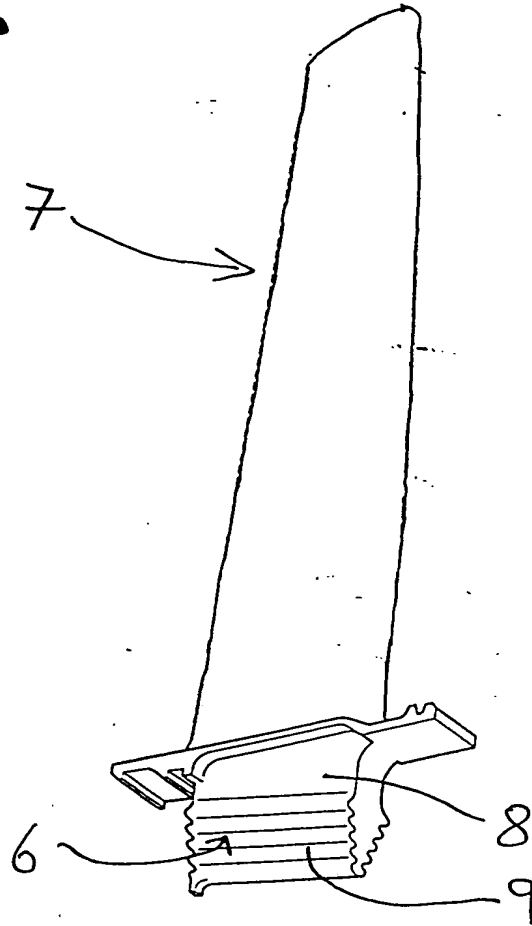


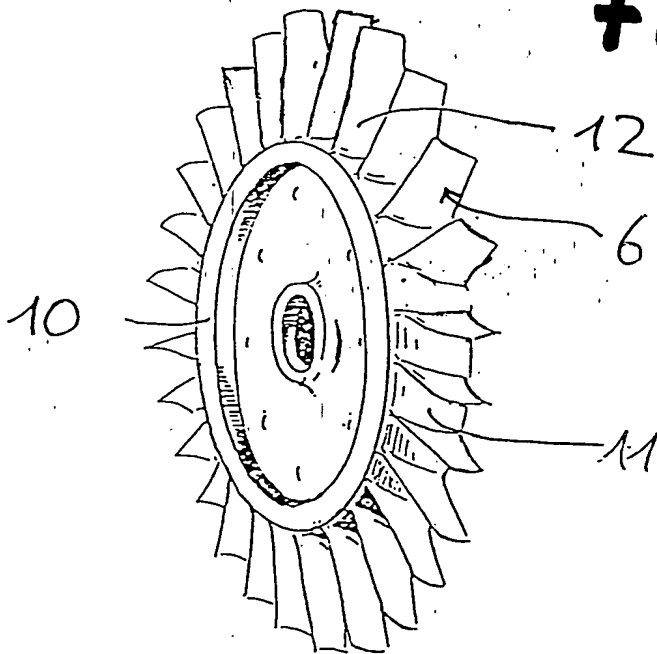
Fig. 3



**Fig. 4**



**Fig. 5**



## Patentansprüche

1. Verschleißschuttschicht, die auf eine zu schützende Oberfläche eines mech a-  
nisch und/oder strömungsmechanisch beanspruchten Bauteils aufgebracht ist,  
5 dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (6) im wesentlichen aus amorphen oder  
amorph-nanokristallinen Metallen besteht.
2. Schutzschicht nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (6) im  
wesentlichen aus einer Legierung auf Ni-W-Basis besteht.  
10
3. Schutzschicht nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Legierung Ni-  
reich ist und zwischen 20 und 40 Atom-% W enthält.
4. Schutzschicht nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (6) im  
15 wesentlichen aus einer Legierung auf Zr-Ti-Basis besteht.
5. Schutzschicht nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (6) im  
wesentlichen aus einer Legierung auf Cu-Al-Ti (oder -Ta oder - Zr)- oder Pd-Cu-Si-  
oder Pt-Al-Si- oder Ta-Si-N-Bais besteht.  
20
6. Schutzschicht nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (6) im  
wesentlichen aus einer Legierung auf Fe-Cr-B-Basis besteht.
7. Schutzschicht nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (6)  
25 eisenreich ist und etwa 70 Atom-% Fe enthält.
8. Schutzschicht nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (6) im  
wesentlichen ein aus einer Legierung aus Al, wenigstens einem Seltenerdmetall  
und einem Übergangsmetall wie Cu oder Ni oder Co besteht.  
30
9. Schutzschicht nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (6)  
aluminiumreich ist und etwa 80 bis 90 Atom-% Al enthält.

10. Schutzschicht nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (6) durch galvanisches Abscheiden auf die Oberfläche des Bauteils aufgebracht ist.
- 5 11. Schutzschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (6) aus der Schmelze auf die Oberfläche des Bauteils aufgebracht ist.
- 10 12. Schutzschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (6) mittels PVD-Verfahren auf die Oberfläche des Bauteils aufgebracht ist.
- 15 13. Schutzschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (6) durch thermisches Spritzen auf die Oberfläche des Bauteils aufgebracht ist.
- 20 14. Schutzschicht nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (6) auf einem Bauteil einer Verbrennungskraftmaschine aufgebracht ist.
- 25 15. Schutzschicht nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (6) auf einem gas- oder heißgasumströmten Bauteil einer Gasturbine aufgebracht ist.
- 30 16. Schutzschicht nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (6) am Fuß (8,9) einer Schaufel (7) einer Gasturbine zum Schutz gegen Fretting aufgebracht ist.
17. Schutzschicht nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Bauteil im wesentlichen aus faserverstärktem Kunststoff (FVK) besteht.

18. Schutzschicht nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (6) auf eine FVK-Schaufel (3, 12) und/oder einen als Scheibe oder Ring ausgebildeten Träger eines integral beschaufelten FVK-Rotors (10) zum Schutz gegen Erosion und/oder Korrosion aufgebracht ist.

5

19. Schutzschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß das Bauteil metallisch ist.

20. Schutzschicht nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß das Bauteil aus einer Legierung auf Ti- oder Ni- oder Co- oder Fe-Basis besteht.

10

21. Schutzschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (6) auf einem Radreifen eines Schienenfahrzeugs aufgebracht ist.

15

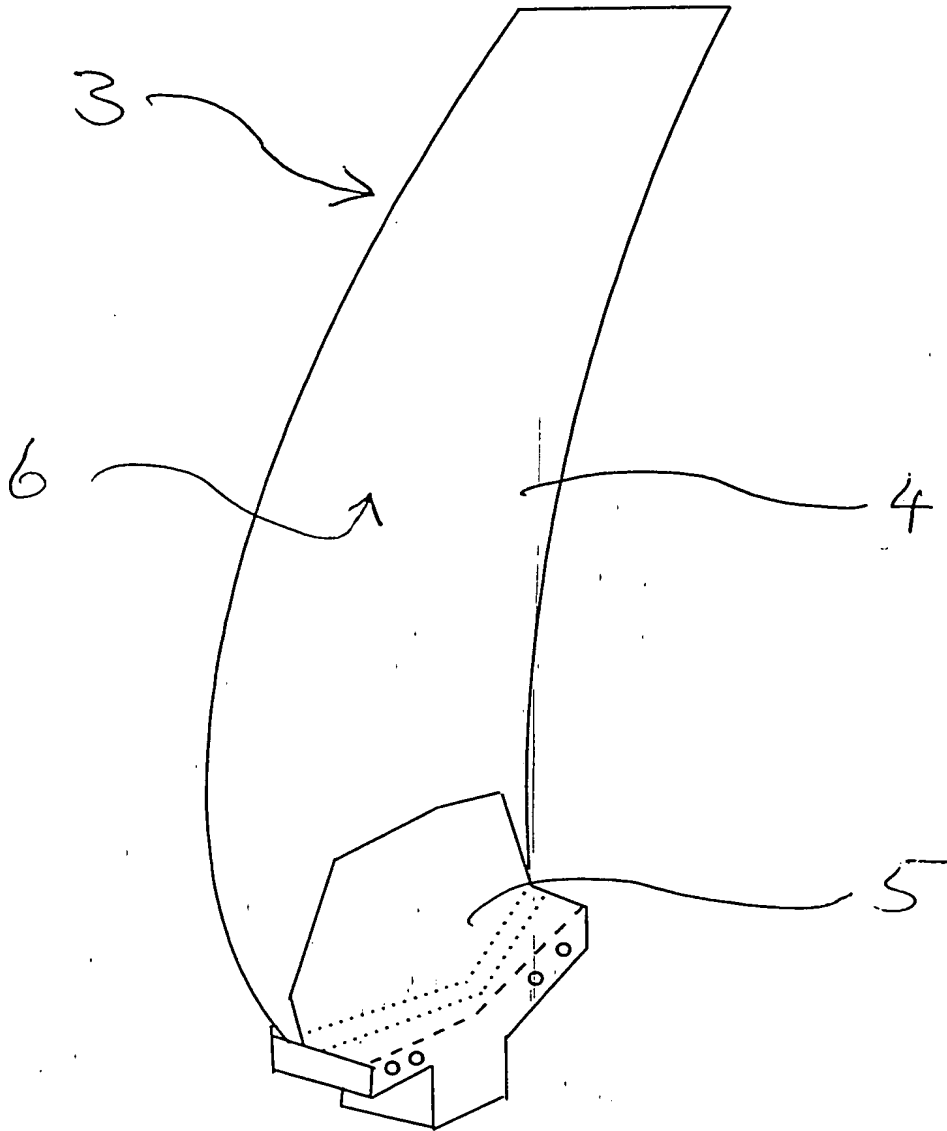
22. Schutzschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (6) auf ein Bauteil eines Hubkolbenmotors, wie z.B. ein Ventil, eine Nockenwelle, eine Kurbelwelle, einen Kolbenring oder einen Kolbenbolzen aufgebracht ist.

20

### Zusammenfassung

Eine Verschleißschuttschicht, die auf eine zu schützende Oberfläche eines mechanisch und/oder strömungsmechanisch beanspruchten Bauteils aufgebracht ist, wobei die Schicht (6) zum Schutz gegen abrasiven oder erosiven Verschleiß im wesentlichen aus amorphen oder amorph-nanokristallinen Metallen besteht (Fig. 3).

Fig. 3



**THIS PAGE BLANK (US TO)**